

## H TİPİ HİDROLİK PRESİN MODELLENMESİ VE KONUM GERİ BESLEMELİ ORANSAL-TÜREVSEL KONTROLÜ

(MODELING AND POSITION FEEDBACK PROPORTIONAL-DERIVATIVE CONTROL OF H-TYPE HYDRAULIC PRESS)

Mustafa TINKIR<sup>1</sup>, Haşmet Çağrı SEZGEN<sup>2</sup>

### ÖZ

Bu çalışmada; endüstriyel 300 tonluk H tipi hidrolik presin farklı bir modelleme yaklaşımı ile modellenmesi ve konum geri beslemeli oransal-türevsel kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme yaklaşımında Newton, Lagrange ve akışkan dinamiği denklemlerini kullanmadan tüm sistemin hareket davranışının bulunması amaçlanmıştır. Öncelikle presin mekanik hareketi SolidWorks programında çizilen katı modelin MATLAB/SimMechanics programına aktarılması ile oluşturulmuştur. Sonra elde edilen mekanik model, MATLAB/SimHydraulic programında tasarlanan hidrolik güç ünitesi, valfleri, silindirleri ve diğer bileşenleri içeren hidrolik model ile birleştirilmiş ve böylece presin mekanik ve hidrolik hareketini simüle edebilecek bir model oluşturulmuştur. Bu çalışmalardan sonra pres modelinden alınan konum geri beslemesi ile tüm sistemin oransal-türevsel kontrolü gerçekleştirilmiştir. Sonuçta hidrolik presin gerçekçi simülasyon modeli ve konum geri beslemeli kontrolü başarılı bir şekilde gerçekleştirilmiş ve elde edilen kontrollü strok, valf yer değiştirmesi, basınç ve debi sonuçları sunulmuş ve yorumlanmıştır.

**Anahtar Kelimeler:** Hidrolik Pres, Modelleme, Oransal-Türevsel Kontrol, Simülasyon.

### ABSTRACT

*In this study, modeling and position feedback proportional-derivative control of industrial 300 tons H-type hydraulic press is realized using a different modeling approach. In this modeling approach, obtaining of behavior of motion of whole system is aimed without using Newton, Lagrange and fluid dynamics equations. Firstly, mechanical motion of press is defined by importing solid model drawn in SolidWorks program to MATLAB/SimMechanics program. Then obtained model is combined with hydraulic model designed in MATLAB/SimHydraulic program includes hydraulic power unit, valves, cylinders and other components and thereby a model is formed which simulates mechanical and hydraulic motion of press. After these works, proportional-derivative control of all system is realized via position feedback from press model. Finally, realistic simulation model and position feedback control of hydraulic press are realized successfully and obtained controlled stroke, valve displacement, pressure and flow results are presented and interpreted.*

**Keywords:** Hydraulic Press, Modeling, Proportional-Derivative Control, Simulation.

<sup>1</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Müh. Ve Mim. Fakültesi, Makine Müh. Böl., KONYA, mtinkir@konya.edu.tr

<sup>2</sup> Necmettin Erbakan Üniversitesi, Fen Bilimleri Ens., Makine Müh. ABD., KONYA, cagrisezgen@gmail.com

## 1. GİRİŞ

Hidrolik biliminin klasik uygulama alanlarından olan metal şekillendirme makineleri ve presler, endüstrinin birçok kolunda yüksek kaliteli ve seri üretim yapılmasına olanak sağlamaktadır. Hidrolik sistemler yüksek performans gerektiren, küçük hacimlerde yüksek tork, kuvvet ve hassas konum kontrolü ihtiyacı duyulan birçok endüstriyel uygulamada yaygın olarak kullanılmaktadır. Takım tezgahları, savunma sanayi, robot teknolojisi gibi birçok uygulamada yer alan hidrolik silindir sistemlerinde konum kontrolü, hidrolik valf motor sistemlerinde ise genelde hız kontrolü önem kazanmaktadır. Hidrolik sistemlerin dinamik özelliklerini iyice anlayabilmek için sistemi oluşturan elemanların detaylı modellerinin elde edilmesi gerekir. Hidrolik elemanların birbiriyle etkileşimi gözönüne alınarak oluşturulan sistem modeli genelde doğrusal olmayan terimler içerir ve bu sistemin çözümü açısından bazı güçlükler çıkarır. Fakat bu doğrusal olmayan ifadeler gerçek sistem karakteristiğini yansıttığından sistem çözümünde doğrusal modellere göre daha sağlıklı çözümler verir [1]. Benzetim modeli yöntemi kullanılarak hidrolik sistemlerin incelenmesi, bilgisayar teknolojisinin gelişimi ile paralellik göstermektedir. Daha önce bu konuda yapılan çalışmalar, bilgisayarla hidrolik konum kontrolü uygulamasının endüstriye getirdiği zaman ve hassasiyet kazanımı açısından büyük önem taşımaktadır [2]. Son yıllarda farklı hidrolik sistemler ve presler üzerinde dinamik modelleme ve kontrol çalışmaları gerçekleştirilmiştir. Bu çalışmalarda özellikle doğrusal olmayan davranışı nedeni ile hidrolik sistemlerin farklı yöntemler ile modellenmesi ve farklı kontrolcüler ile konum ve hız kontrollerinin yapılması irdelenmiştir.

İstif ve Kutlu yapmış oldukları çalışmada MATLAB/Simulink programı ile oransal valf kontrollü hidrolik silindir sisteminin modellenmesini ve yapay sinir ağı (YSA) tabanlı konum kontrolünü gerçekleştirmişlerdir [1]. Becan ve ark. hidrolik bir sistemin durum-uzay modelini elde ederek esneklik modülünün, silindirin her iki tarafındaki hacim değişimlerine bağlı varyasyonlarını dikkate almışlardır. Buna yaklaşıma göre kontrolcü katsayılarını belirlemişler ve esneklik modülü sabit olan modelle karşılaştırma yapmışlardır. Sonuçta gerçeğe yakın bir benzetim modeli elde edilmiştir [2]. Batu ve ark. ise bir hidrolik servo valfin MATLAB/Simulink ortamında matematiksel modelini oluşturmuş ve analizini yapmıştır. Valfin dinamik ve akış parametreleri deneysel çalışmaların MATLAB/System Identification Toolbox modülü ile değerlendirilmesi sonucunda belirlenmiştir. Daha sonra deneysel ve benzetim sonuçları karşılaştırılmış ve benzetim yaklaşımının doğruluğu gösterilmiştir [3].

Bulanık mantık türünde kontrolcüler de hidrolik sistemlerin konum kontrolünde kullanılmıştır. Bu çalışmalarda hem sistemin modellenmesinde hem de kontrolünde MATLAB/Simulink/Fuzzy Logic Toolbox modülü kullanılmış ve başarılı sonuçlar elde edilmiştir [4-5]. Bu çalışmalardan farklı olarak Kılıç ve Kapucu elektrohidrolik servovalf ile sürülen hidrolik silindire asılı sarkacın konum kontrolü ve artık titreşiminin azaltılmasını Lyapunov denge teorisini kullanarak incelenmişlerdir [6]. Çalışkan ve ark. ise valf denetimi olmadan değişken devirli pompa ile servo hidrolik bir sistemin konum kontrolünü gerçekleştirmişlerdir. Sistemin matematiksel modelini MATLAB/Simulink ortamında oluşturmuşlar ve sistemin transfer fonksiyonunu bulmuşlardır. Kurmuş oldukları deney düzeneğinde MATLAB/RTWT modülü kullanarak gerçek sistemin açık ve kapalı döngü frekans ve basamak girdisi cevaplarını bulmuşlardır. Son olarak da elde edilen deneysel sonuçlar benzetim sonuçlarıyla karşılaştırılmış ve benzetim sonuçları doğrulanmıştır [7]. Bu çalışmaya benzer olarak Yu servo motor tahrikli hidrolik sistemin yapay sinir ağı tabanlı kontrolünü gerçekleştirmişlerdir [8]. Yao ve ark. servo hidrolik sistemin konum kontrolünde genetik algoritma ile PID kontrolcü kazanç parametrelerini optimize etmişlerdir [9]. Liu ve ark. dört sütunlu iki adet çift etkili silindirden oluşan endüstriyel tip bir hidrolik presin

modellemesini ve PID konum kontrolünü AMESim ve MATLAB /Simulink programlarını kullanarak simüle etmişlerdir [10].

Literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde benzer hidrolik sistemlerin mekanik hareketinin ve hidrolik sisteminin matematiksel olarak modellendiği ve bu modeller üzerinde farklı türde kontrolcü çalışmalarının yapıldığı görülmektedir. Modelleme çalışmalarında ise hidrolik sistemlerin akışkankanlar dinamiği denklemleri kullanılarak, mekanik hareketlerin ise Newton ve Lagrange yasaları kullanılarak elde edildiği sonucuna varılmaktadır. Yapılan bu çalışmaların ise genellikle simülasyon çalışmaları olduğu ve birkaç çalışmada ise deneysel sonuçlar ile simülasyon sonuçlarının karşılaştırıldığı ve doğrulandığı tespit edilmiştir. Bu çalışmalarda birçoğunda MATLAB programı ve alt modüllerinin kullanılarak simülasyonların yapıldığı görülmüştür.

Bu çalışmada ise literatürdeki çalışmalardan farklı olarak yeni bir modelleme yaklaşımı ile endüstriyel 300 tonluk H tipi bir hidrolik presin modellenmesi ve konum geri beslemeli oransal-türevsel kontrolü gerçekleştirilmiştir. Literatürdeki çalışmalardan farklı olarak hidrolik bir presin 3 farklı program ve modül kullanılarak modellenmesi ve kontrolü gerçekleştirilmiştir. Bu modelleme yaklaşımında SolidWorks, MATLAB/SimMechanics ve MATLAB/SimHydraulic programlarının çözüm ve modelleme kabiliyetleri kullanılmış ve simülasyonlar bu şekilde gerçekleştirilmiştir. Presin mekanik hareketinin modellenmesi SolidWorks ve MATLAB/SimMechanics programları kullanılarak elde edilmiştir. Bu şekilde bir presin mekanik hareketinin modellenmesinde literatürde yapılmamıştır. Presin hidrolik sisteminin davranışı ve mekanik sisteme vermiş olduğu hareket ise yine literatürden farklı olarak ilk kez MATLAB/SimHydraulic modülü kullanılarak yapılmıştır. Her iki modelin birleştirilmesi ile presin gerçekçi benzetim modeli elde edilmiştir. Bu çalışmalardan sonra pres modelinden alınan konum geri beslemesi ile tüm sistemin oransal-türevsel kontrolü gerçekleştirilmiştir. Elde edilen başarılı sonuçlara göre başka bir kontrolcü tasarımına gerek duyulmamıştır. Kontrolcü kazanç parametreleride MATLAB/Control System Toolbox modülü kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmanın özgünlüğü, hidrolik gücü mekanik harekete dönüştüren bir makinanın farklı yaklaşımlar, programlar ve modüller kullanılarak modellenmesi ve kontrolünün başarılı şekilde yapılmasıdır.

## 2. HİDROLİK PRESİN MODELLENMESİ

Çalışmada öncelikle hidrolik presin mekanik hareketi Newton yasası kullanılarak elde edilmiştir. Mekanik hareket denklemlerinin bulunmasının amacı ise SolidWorks ve MATLAB/SimMechanics programları kullanılarak elde edilen mekanik modelin bu denklemler ile doğrulanmasıdır. Buna göre Şekil 1’de sistemin mekanik hareket denkleminin çıkarıldığı şematik resim verilmiştir. Bu modele göre H tipi presin hidrolik silindirlerine uygulanan basınç ile oluşan ve karşıt yüke karşı uygulanan mekanik hareket gösterilmiştir. Bu matematiksel modele göre hidrolik silindirlerin yüke karşı oluşturduğu toplam kuvvet şu şekilde ifade edilir:

$$F_{as} = P_1 A_{1a} - P_2 A_{2a} \quad (1)$$

$$F_{ys} = P_1 A_{1y} - P_3 A_{2y} \quad (2)$$

$$F_{hst} = F_{as} + 2F_{ys} \quad (3)$$

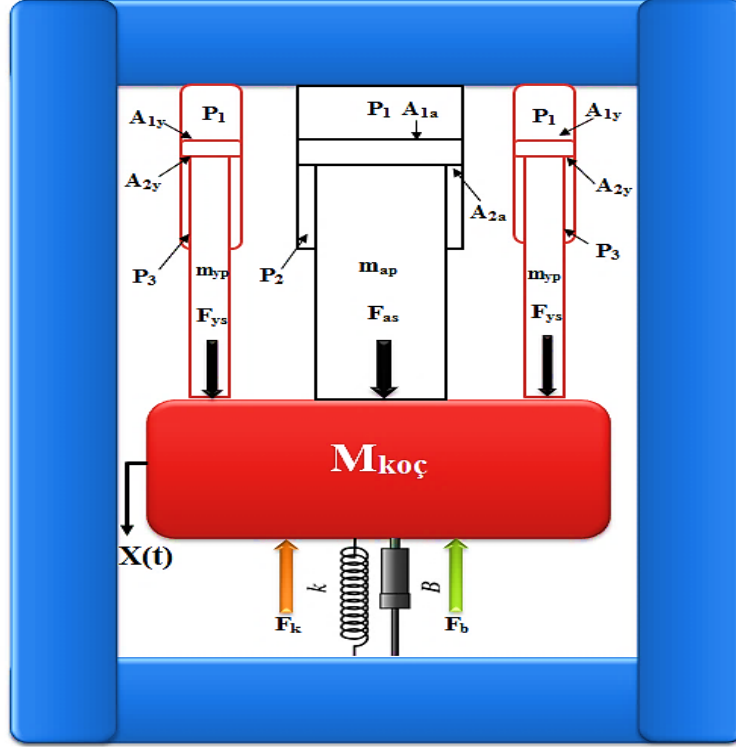
Hidrolik mekanizmanın dinamik davranış denklemi şu şekilde tanımlanır:

$$M_t = M_{koç} + m_{ap} + 2m_{yp} \quad (4)$$

$$M_t \ddot{X} = F_{hst} - F_k - F_b - F_S \quad (5)$$

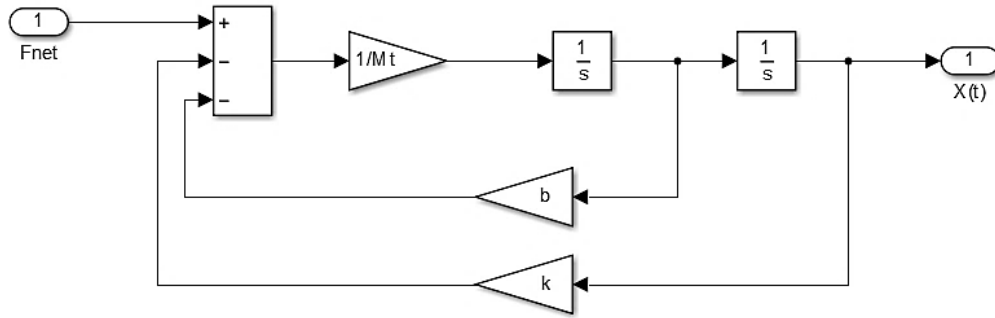
$$M_t \ddot{X} + b\dot{X} + kX = F_{net} \quad (6)$$

Burada  $F_S$  dinamik ve statik sürtünme kuvvetidir ve simülasyonlarda ihmal edilmiştir. Denklem 6'da elde edilen sistemin mekanik hareket denklemi MATLAB/Simulink yazılımında Şekil 2'de gösterildiği gibi modellenmiştir.



Şekil 1. Mekanik hareketin şematik resmi.

Şekil 1 ve denklemlerde kullanılan sembollerin açıklaması Çizelge 1'de verilmiştir. Elde edilen bu model presin mekanik hareketini ifade etmektedir. Bu modelin girişleri hidrolik sistem modelinin çıkışları şeklindedir. Her iki modelin birleştirilmesi ile istenilen pres modeli tamamlanır. Mekanik model doğrulama yaklaşımındaki izlenen yöntem bu şekildedir.

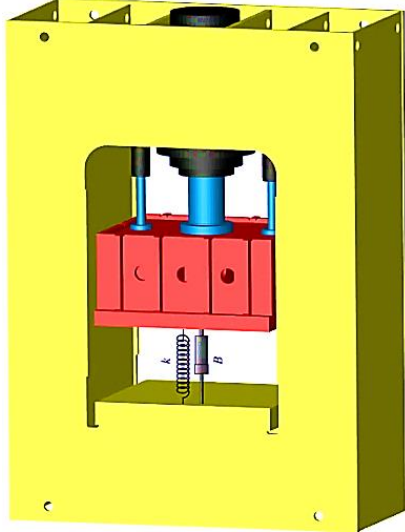


Şekil 2. Mekanik hareket denklemi MATLAB/Simulink modeli.

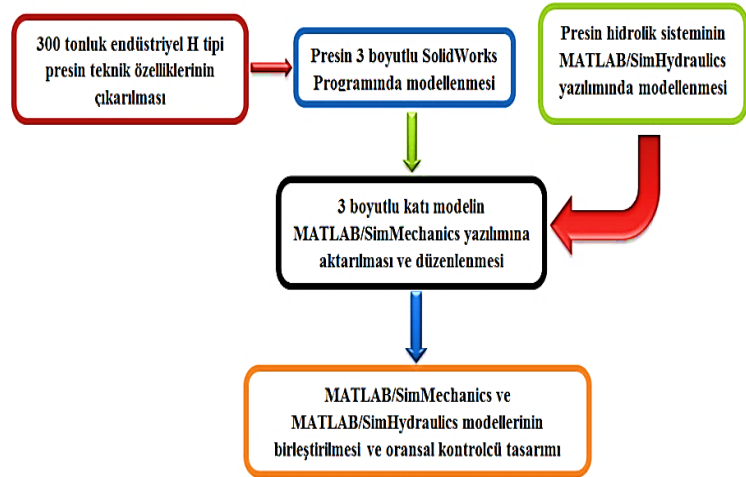
Çizelge 1. Modellemede kullanılan semboller ve açıklaması.

Sembol	Açıklama	Sembol	Açıklama
$A_{1a}$	Ana silindir piston yüzey alanı	$m_{yp}$	Yardımcı silindir piston kolu kütle
$A_{2a}$	Ana silindir piston kolu tarafındaki net yüzey alanı	$M_{koç}$	Koç kütle
$A_{1y}$	Yardımcı silindir piston yüzey alanı	$M_t$	Toplam hareketli kütle
$A_{2y}$	Yardımcı silindir piston kolu tarafındaki net yüzey alanı	$F_{as}$	Ana silindirin uyguladığı net kuvvet
$P_1$	Silindirlerin piston yüzey alanına uygulanan hidrolik basınç	$F_{ys}$	Yardımcı silindirin uyguladığı net kuvvet
$P_2$	Ana silindirin piston kolu tarafındaki hidrolik basınç	$F_k$	Karşıt yükü temsil eden yay kuvveti
$P_3$	Yardımcı silindirin piston kolu tarafındaki hidrolik basınç	$F_b$	Karşıt yükü temsil eden damper kuvveti
$m_{ap}$	Ana silindir piston kolu kütle	$X(t)$	Yer değiştirme

Çalışmanın ikinci bölümünde ise presin mekanik hareketi farklı şekilde modellenmiştir. Bu modelleme tekniği literatürde yer alan çalışmalar incelendiğinde farklılık göstermektedir. Yapılan çalışmalar incelendiğinde bu türde bir presde bu türde bir modelleme yaklaşımının kullanılmadığı tespit edilmiştir. Buna göre çalışmanın ikinci ve en önemli kısmını oluşturan modelleme yaklaşımı şu şekilde yapılmıştır. Öncelikli olarak endüstriyel 300 tonluk H tipi hidrolik presin SolidWorks yazılımı kullanılarak 3 boyutlu katı modeli çizilmiştir. Bu modellemede prese ait tüm mekanik ve teknik özellikler firmadan temin edilmiştir. Çizilen bu model MATLAB/SimMechanics programına aktarılmış ve bu şekilde presin mekanik kısmının matematiksel modeli elde edilmiştir.



Şekil 3. Presin 3 boyutlu katı modeli.



Şekil 4. Çalışma planı.

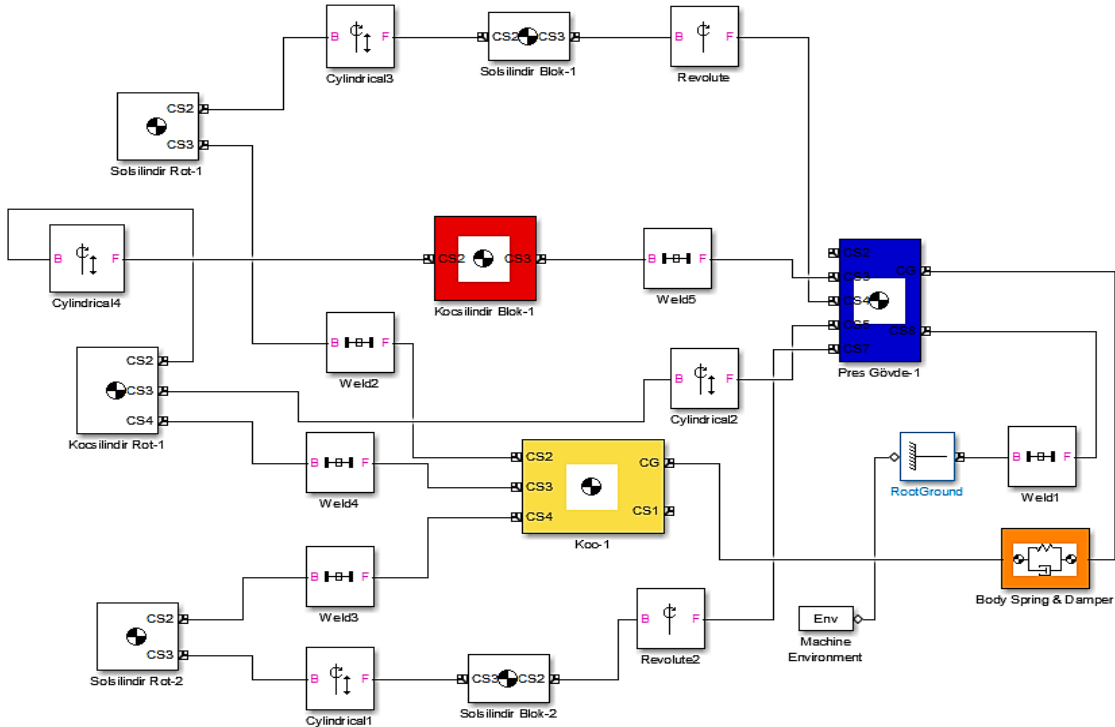
Şekil 3'de SolidWorks programında oluşturulup MATLAB/SimMechanics programına aktarılan 3 boyutlu modelin resmi verilmiştir. Çalışmada uygulanan modelleme yaklaşımı Şekil 4'de verilmiştir. Bu presin çalışma prensibi ise kısaca şu şekildedir. H tipi hidrolik preste bir ana silindir iki adette yardımcı çift etkili silindir bulunmakta ve bu 3 silindir doğrudan presin hareketli başlığı olarak isimlendirilen koç kısmına bağlanmıştır. Hidrolik güç ünitesinden elde edilen basınçlı yağ yön kontrol valfleri ile bu silindirler içerisine gönderilmekte ve bu şekilde hidrolik basınç kuvvet ve harekete dönüşmektedir. Presin kurs boyu ve ilerleme hızı ayarlanabilmekte ve yük tüm strok boyunca sabit kalabilmektedir.

Presin strok uzunluğu ise, doğal olarak hidrolik silindirin sınırları içinde kalmak koşuluyla kontrol edilerek istenilen herhangi bir değerde sabitlenebilir. Çizelge 2 'de presin teknik özelliklerinden bir kısmı verilmiştir.

Çizelge 2. Hidrolik presin teknik özellikleri.

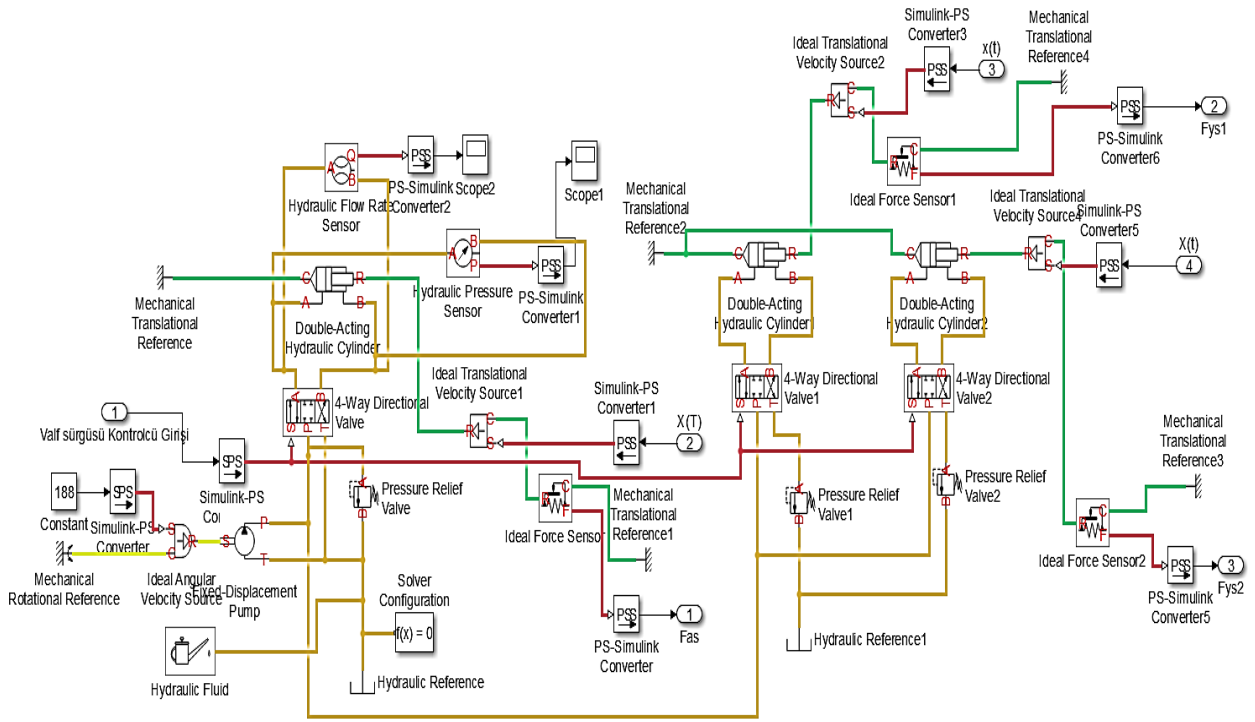
Teknik Özellikler						
Kapasite	Koç Stroğu	Motor Gücü	Pompa	Hidrolik Çalışma Basıncı	Ana Silindir İç Çap	Yardımcı Silindirler İç Çap
300 ton	1000 mm.	37 kW	380 lt/dk., 300 bar. Pistonlu pompa.	250 bar	18 cm	5 cm.

Şekil 3'e bakıldığında, presin koç ile alt tabla arasında yükü temsil eden yay-damper sistemi yerleştirildiği görülmektedir. Aynı şekilde karşıt yükün temsili Şekil 1'de bu şekilde yapılmıştır. İki katı parça arasında yay-damperin yerleştirilmesi MATLAB/SimMechanics programında yapılmıştır. SolidWorks programında oluşturulan bu katı model MATLAB/SimMechanics programına aktarılmıştır. Şekil 5'de SolidWorks programında oluşturulan katı modelin MATLAB/SimMechanics programındaki mekanik modeli halidir.



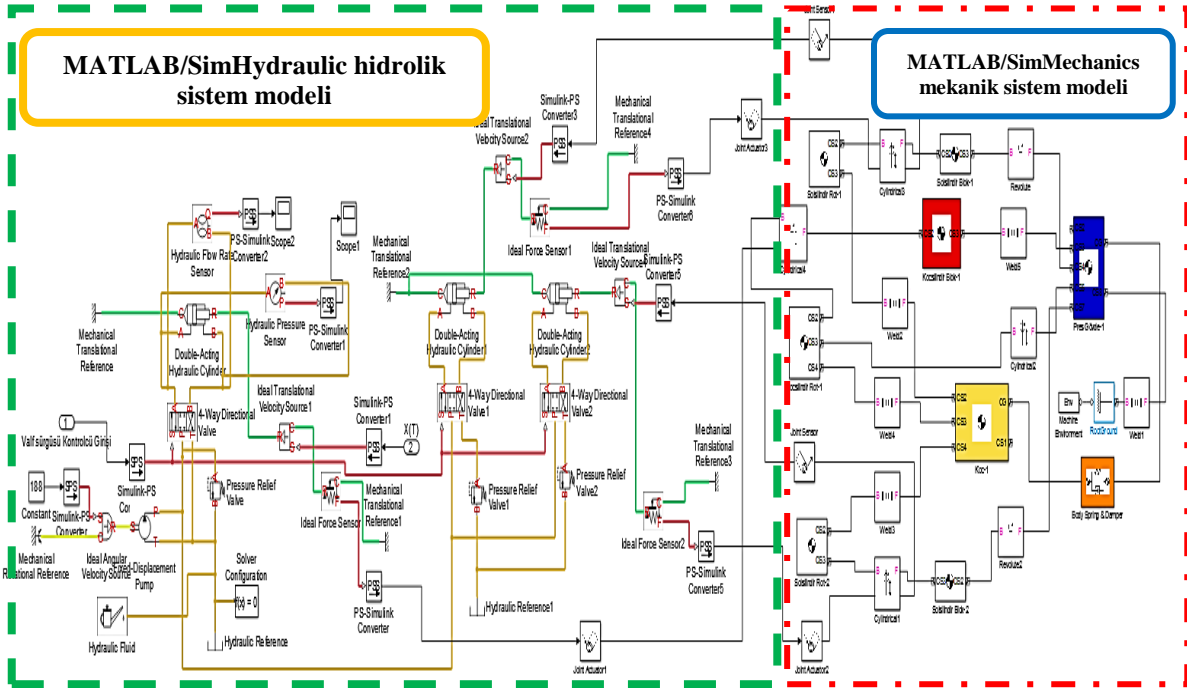
Şekil 5. SolidWorks programında oluşturulan katı modelin MATLAB/SimMechanics programındaki mekanik modeli

Presin hidrolik kısmının modellenmesinde ise MATLAB/SimHydraulic programı kullanılmıştır. Bu modellemeye ise hidrolik güç ünitesi elemanları pompa, yağ, elektrik motor devri, basınç emniyet valfi, 4/3'lük yön kontrol valfi ve çift etkili silindireler modellenmiştir. Mekanik modele Şekil 6'da verilen hidrolik sistem modeli eklenmiş ve hidrolik pres sistemin tüm modeli elde edilmiştir.



Şekil 6. MATLAB/SimHydraulic de oluşturulan hidrolik sistem modeli.

Şekil 6'da MATLAB/SimHydraulic de tasarlanan ve presin hidrolik sistem davranışını ifade eden hidrolik model verilmiştir. Şekil 6'daki hidrolik sistem modelinin çıkışı mekanik hareketi oluşturan kuvvetlerdir. Bunlar net kuvvet olup  $F_{net} = F_{as} + 2F_{ys} - F_s$  şeklinde tanımlanmıştır. Ancak simülasyonlarda silindirlere içinde oluşan sürtünme kuvvetleri ihmal edilmiştir. Şekil 6'a göre hidrolik sistemde 3 adet çift etkili silindir modelinin kullanıldığı görülmektedir. Bunlardan bir tanesi presin ana silindirini diğerleri ise yardımcı silindirleri ifade etmektedir. Ana silindirden çıkan kuvvet  $F_{as}$ , diğer yardımcı silindirlere çıkan kuvvetler ise  $F_{ys}$ 'dir. Bu üç kuvvetin birleşimi mekanik harekete neden olan  $F_{net}$ 'i oluşturmaktadır. Bu modele ait 3 kuvvet çıkışı Şekil 5'de verilen mekanik modelinin girişlerini oluşturmaktadır. Aynı zamanda mekanik hareket denklem modelinin çıkışı  $X(t)$  hidrolik sistemde silindirlere gönderilmekte ve bu şekilde silindirlere yer değiştirmesi ölçülebilmektedir. Bu ölçüm sistemin kapalı çevrim kontrolünde geri besleme sinyali olarak kullanılmaktadır. Şekil 5 ve Şekil 6'da verilen mekanik ve hidrolik sistem modellerinin birleştirilmesi ile Şekil 7'deki gerçekçi pres simülasyon modeli elde edilmiştir. Kontrol çalışmalarında tüm sistemin dinamiği olarak bu şekilde birleştirilen model kullanılmıştır. Şekil 7'deki pres modeline göre ana silindirin yük kapasitesi 260 ton olup diğer yardımcı silindirlere yük kapasitesi 20 tondur. Hidrolik sistemde kullanılan yağın markası Skydrol LD-4 olarak seçilmiştir. Yağın yoğunluğu  $961.873 \text{ (kg/m}^3\text{)}$ , viskozitesi  $7.12831 \text{ (cSt)}$  ve bulk modülü  $1242850000 \text{ (Pa)}$ 'dır. Basınç emniyet valfi açılma basıncı 260 bar'dır. Hidrolik model ile mekanik modelin birleştirilmesinde mekanik modeldeki ana ve yardımcı silindirlere pistonu ile hidrolik modelin çift etkili silindiri arasında ötelenme hızları karşılaştırılmış ve bu hızla tekabül eden kuvvet ölçülerek yine mekanik modeldeki silindirlere uygulanmıştır. Dolayısıyla hidrolik modelde hidrolik basınç ile elde edilen kuvvet doğrudan mekanik modeldeki silindirlere verilmiştir. Bu sayede koçun hareketi sağlanmakta ve yay-damper olarak modellenen karşı yükü ezmektedir. Karşı yükün modellenmesinde  $k = 1000 \text{ N/m}$ ,  $b = 10.000 \text{ N.s/m}$  olarak alınmıştır.



Şekil 7. MATLAB/SimMechanics ve MATLAB/SimHydraulic ile presin modellenmesi.

### 3. ORANSAL-TÜREVSEL KONTROLÇÜ TASARIMI

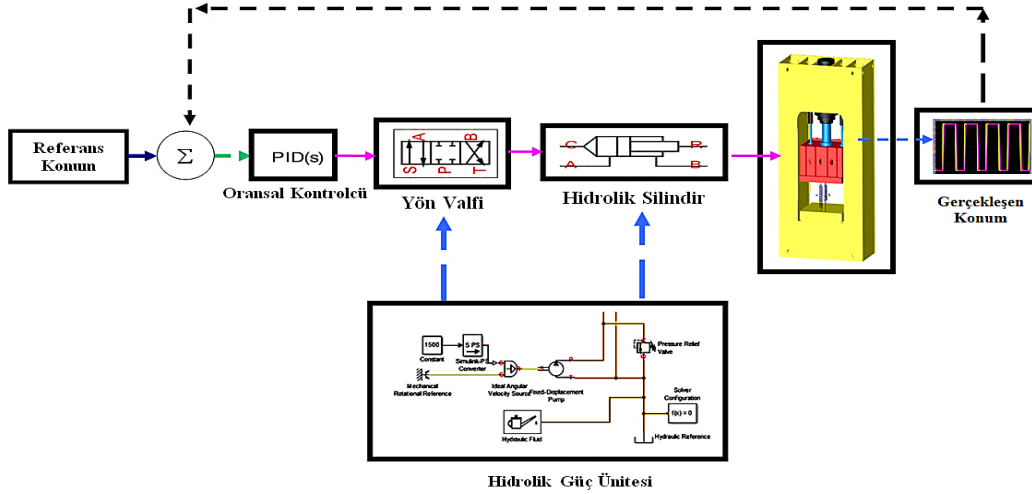
Modelleme çalışmalarından sonra hidrolik presin konum kontrolünün yapılması amaçlanmıştır. Modelleme aşamalarından sonra sistemin konum kontrolünü sağlamak amacı ile hidrolik modeldeki ana silindire bağlı 4/3'lük yön kontrol valfinin oransal kontrolünün yapılmasına geçilmiştir. Hidrolik presin konum geri beslemeli kontrol blok diyagramı Şekil 8'de özetlenmiştir. Blok diyagramına göre koçun konumu ölçülmekte ve referans konumla kıyaslanmak üzere geri beslenmektedir. Tasarlanan oransal-türevsel kontrolcü (PD) bulunan hataya göre yön denetim valfinin sürgüsünü hareket ettirmektedir. Yön valfinin hareketi ile buna bağlı olan ana silindir ve yardımcı silindirlerin hareketi sağlanmaktadır. Kontrol şemasına göre konum geri beslemesi yapılmakta ancak hidrolik model yön valfinin kontrolü ile mekanik modele kuvvet ileri beslemesi yapmaktadır. Bu şekilde kontrol çevrimi simüle edilmekte ve hidrolik presin gerçeğe yakın konum kontrolü yapılmaktadır. Kontrolcü tasarımında, kazanç parametrelerinin optimizasyonunda ve kontrol simülasyonlarında MATLAB/Simulink/Control System Toolbox kullanılmıştır.

Yapılan ilk kontrol simülasyonlarında sadece (P) oransal kontrolcünün etkisi incelenmiş ancak elde edilen konum cevaplarının istenilen kriterlere uymamasından dolayı kontrolcüye türev (D) etkinin de eklenmesine karar verilmiştir. Oransal-türevsel (PD) kontrolcü kazanç parametreleri sistemin giriş-çıkış değişkenlerine göre MATLAB/Control System Toolbox kullanılarak optimize edilmiş ve  $K_p=80.01$  olarak  $K_d=0.3$  olarak bulunmuştur. Türevsel etki  $K_d$  kazancı çok az olmasına rağmen sistemin düzenli rejim süresini ve sistem performansını olumlu şekilde etkilemektedir. PD kontrolcünün kontrol etkisi şu şekilde ifade edilir:

$$m(t) = K_p e(t) + K_d \frac{de(t)}{dt} \quad (7)$$

Burada  $m(t)$  PD kontrolcü düzeltme çıkış sinyali,  $e(t)$  ise konum hatasıdır. MATLAB/PD kontrolcü bloğu optimizasyon (tune) özelliği kullanılarak optimum kazançlar bulunmuştur.

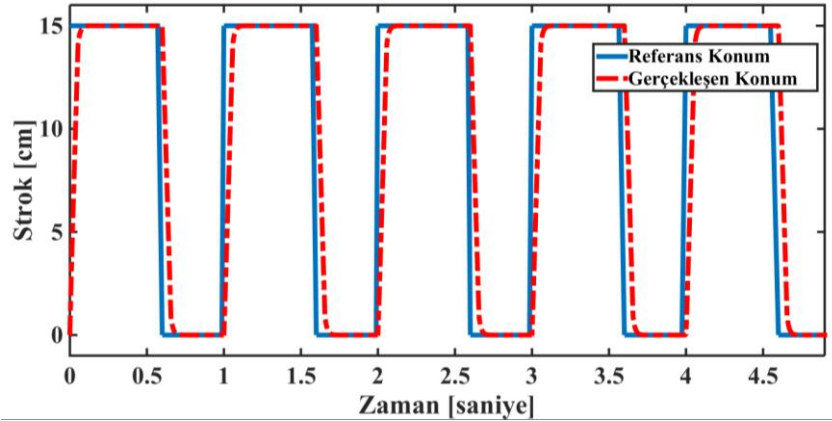




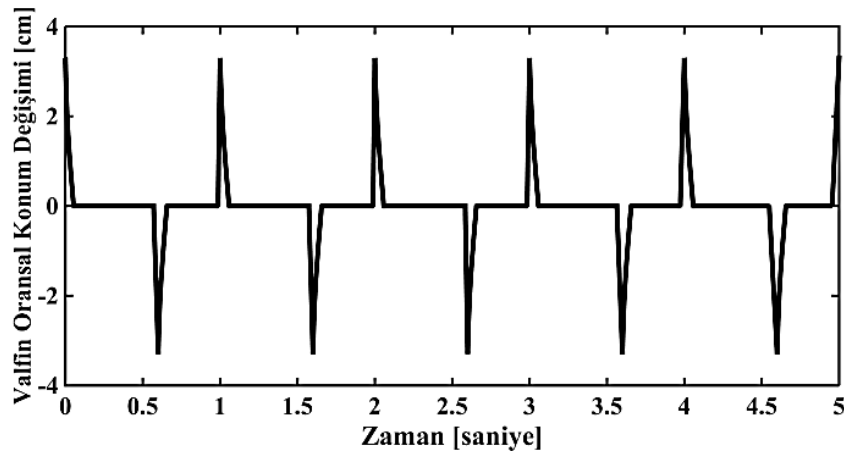
Şekil 8. Hidrolik presin konum geri beslemeli oransal-türevsel konum kontrolü blok diyagramı.

#### 4. BULGULAR VE DEĞERLENDİRMELER

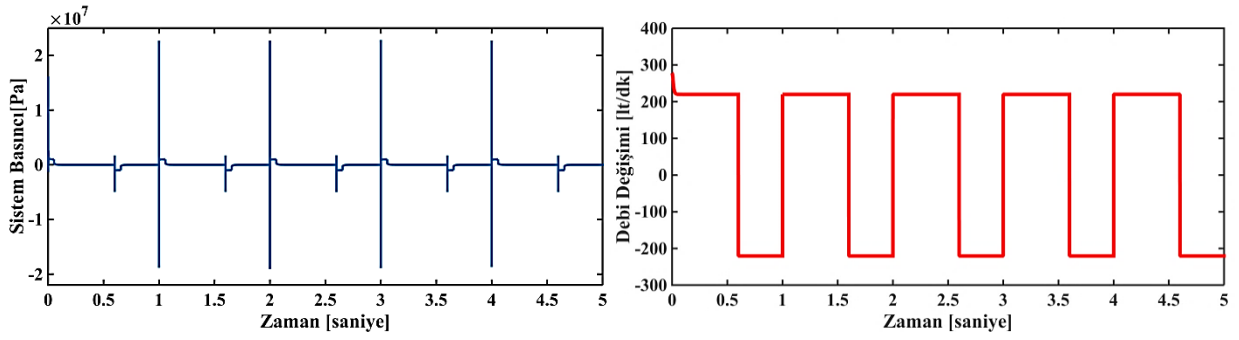
Kontrolcü tasarımından sonra sistemin kapalı çevrim kontrol blok diyagramında iki farklı referans giriş için kontrol simülasyonları yapılmıştır. İlk olarak 15 cm. strok yaratacak trapez türünde referans giriş uygulanmıştır. Bu girişe ait kontrol simülasyon sonuçları Şekil 9-11'de verilmiştir.



Şekil 9. Trapez giriş için elde edilen PD kontrollü strok cevabı.

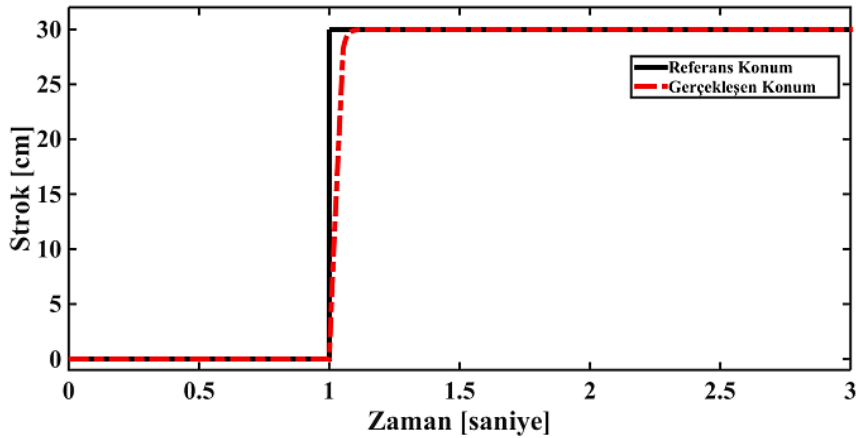


Şekil 10. Trapez giriş için elde edilen PD kontrollü valf konum değişimi.

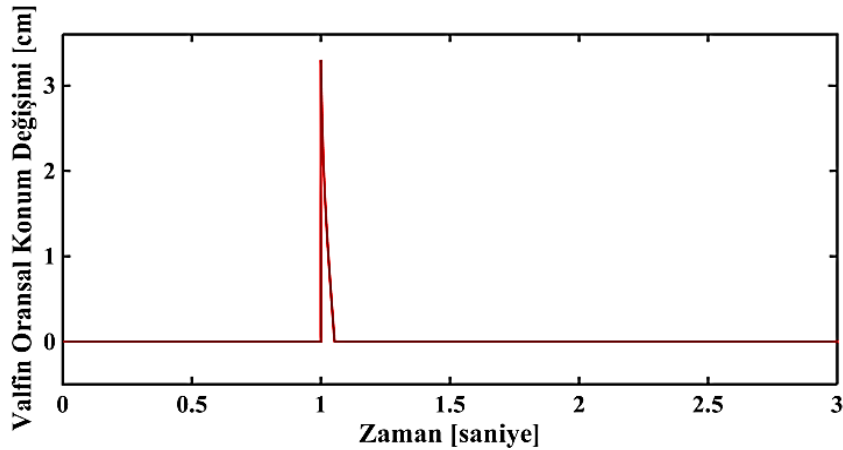


Şekil 11. Trapez giriş için elde edilen PD kontrollü basınç ve debi değişimi.

Şekil 9-11'e göre uygulanan trapez referans giriş sinyaline göre mekanik sistemden ölçülen zamana bağlı strok değişimi ve hidrolik sistemden ölçülen valfin oransal konum değişimi, sistem basınç ve debi değişim grafikleri görülmektedir. Bu grafiklere göre hidrolik sisteme uygulanan PD kontrol ile presin konum kontrolünün başarılı bir şekilde gerçekleştiği, hidrolik sistem değişkenlerinin ise mekanik sisteme göre uygun değişim gösterdiği ve hidrolik limitler içinde kaldığı gözlenmektedir. Kontrolcünün doğrudan etki ettiği yön denetim valfinin konum değişiminin maksimum 3 cm., sistem hidrolik basıncının maksimum 220 bar olduğu, debinin ise 215 lt/dk. olduğu görülmüştür.

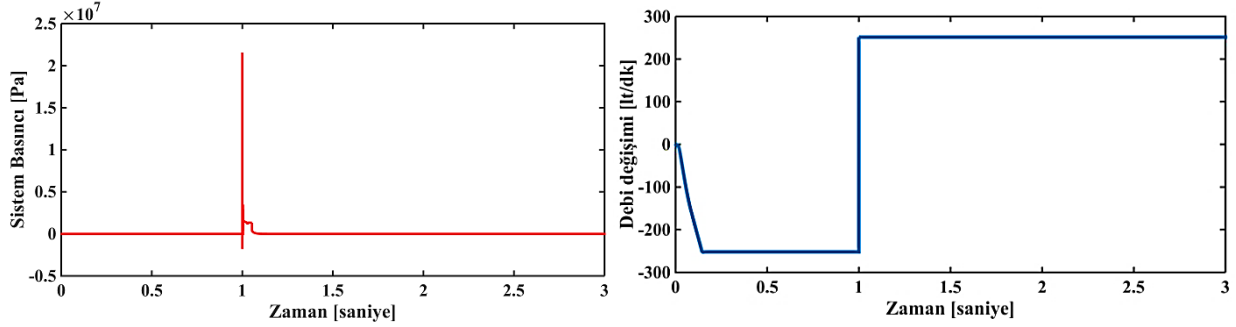


Şekil 12. Basamak giriş için elde edilen PD kontrollü strok cevabı.



Şekil 13. Basamak giriş için elde edilen PD kontrollü valf konum değişimi.

Sistemin kontrolünde ikinci referans giriş olarak basamak (step) girişi uygulanmıştır. Bu girişte ise 1 saniye gecikmeli, 30 cm. stroğa ulaşacak ve bu strokta sabit kalacak bir sinyal seçilmiştir. Şekil 12-14’de basamak referans girişine göre uygulanan PD kontrol simülasyon sonuçları verilmiştir. Her iki giriş için de aynı PD kontrolcü parametreleri kullanılmıştır. Bu referans girişe göre elde edilen strok değişimi ve hidrolik sistemden ölçülen valfin oransal konum değişimi, sistem basınç ve debi değişim grafikleri görülmektedir. Bu sonuçlarda bakıldığında hidrolik sisteme uygulanan oransal kontrol ile presin konum kontrolünün başarılı bir şekilde gerçekleştiği gözlenmektedir. Bu sonuçlara göre valf sürgü konumunun 3.25 cm. olduğu, hidrolik basıncın yine 220 bar ve debinin ise 250 lt/dk. olduğu görülmektedir.



Şekil 14. Basamak giriş için elde edilen PD kontrollü basınç ve debi değişimi.

Simülasyon çalışmalarına göre sistemin konum kontrolünde kullanılan PD kontrolcünün başarılı olduğu görülmektedir. Farklı kontrolcüler ve farklı giriş sinyalleri ile çalışmanın geliştirilebileceği ve kuvvet geri beslemesi ile hidrolik sistemin basıncının kontrol edilebileceği düşünülmektedir.

## 5. SONUÇ

Bu çalışmada; literatürde yer alan çalışmalardan farklı olarak yeni bir modelleme yaklaşımı ile endüstriyel 300 tonluk H tipi bir hidrolik presin modellenmesi ve konum geri beslemeli PD kontrolü gerçekleştirilmiştir. Öncelikle presin 3 boyutlu katı modelinden yola çıkarak mekanik modeli elde edilmiştir. Bu modelleme yaklaşımında SolidWorks ve MATLAB/SimMechanics programları birlikte kullanılmış ve hidrolik presin mekanik hareket modeli bulunmuştur. Presin hidrolik sisteminin davranışı ve mekanik sisteme vermiş olduğu hareket ise yine literatürden farklı olarak ilk kez MATLAB/SimHydraulic modülü kullanılarak yapılmıştır. Her iki modelin birleştirilmesi ile presin gerçekçi benzetim modeli elde edilmiştir. Bu çalışmalardan sonra PD kontrolcü tasarımı yapılmış ve hidrolik presin konum kontrolü simüle edilmiştir. Kontrolcü kazanç parametreleride MATLAB/Control System Toolbox modülü kullanılarak optimize edilmiştir. Çalışmada SolidWorks, MATLAB/SimMechanics ve MATLAB/SimHydraulic programlarının çözüm ve modelleme kabiliyetleri kullanılmış ve simülasyonlar bu şekilde gerçekleştirilmiştir.

Literatürdeki en güncel çalışmalara bakıldığında bu çalışmadaki modelleme tekniklerine benzer bir tekniğin kullanılmadığı görülmektedir. Çalışmanın özgün tarafını bu şekilde açıklamak mümkündür. Elde edilen sonuçlara bakıldığında hem modelleme tekniklerinin hemde uygulanan kontrolcü performansının oldukça başarılı olduğu görülmektedir. Bu çalışmada kullanılan modelleme yaklaşımını bir çok hidrolik sisteme uygulamak mümkündür. Sonuç olarak; çalışmanın gelişmeye yönelik olduğunu, kullanılan modelleme yaklaşımının benzer çalışmalara ve literatüre ışık tutacağını söylemek mümkündür.

**KAYNAKLAR**

- [1] İstif İ., Kutlu K., “Oransal valf kontrollü hidrolik silindir sisteminin konum kontrolü”, İTÜ dergisi, Cilt:3, Sayı:2-3-4-5, s.77-86, 2004.
- [2] Becan M. R., Kuzucu A., Kutlu K., “Hidrolik Konum Kontrol Sistemlerinin Gerçeğe Yakın Benzetimi”, Tr. J. of Engineering and Environmental Sciences, 22, s.125-130,1998.
- [3] Batu U., Gürçan M. B., Balkan T., “Hidrolik Servo Valflerin Dinamik Modelleri ve Performans Testleri”, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, s. 15-26, 2003.
- [4] Akkaya A. V., Çetin S., “Doğrusal Bir Hidrolik Hareketlendirici Sistemin Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Konum Kontrolü”, III. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi ve Sergisi, s. 81-87, 2003.
- [5] Haydim M., “Elektro Hidrolik Servo Sistemlerde Bulanık Mantık Yaklaşımıyla Konum Kontrolü” Yüksek Lisans Tezi, Makine Müh. ABD, Selçuk Ün. Fen Bilimleri Enst., 93 s., 2006.
- [6] Kılıç A., Kapucu S., “Hidrolik Silindir İle Sürülen Asılı Yüklerin Salınım Kontrolü”, VI. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, s.75-83, 2011.
- [7] Çalışkan H., Balkan T., Platin B. E., Demirer S., “Değişken Devirli Pompa İle Servo Hidrolik Konum Kontrolü”, V. Ulusal Hidrolik Pnömatik Kongresi, s.359-375, 2013.
- [8] M.Yu, “Intelligent Neural Network Control Strategy of Hydraulic System Driven By Servo Motor”, International Journal on Smart Sensing And Intelligent Systems, Vol. 8, No. 2, pp. 1406-1423, 2015.
- [9] Y. Yao, W. Pengfei, Z.Wenyu,W. Hualiang, “The PID Parameter Setting for the Hydraulic Servo System Based on Genetic Algorithms”, 5th International Conference on Advanced Engineering Materials and Technology, pp.1-4, 2015.
- [10] F. Liu, J.M. Wu, J.Y. Yang, C.L. Xi, “Simulation Research About Synchronous Control System On Four-Column Hydraulic Press”, International Journal of Emerging Technology & Research, Volume 2, Issue 4, July - August, pp. 42-46, 2015.

**ÖZGEÇMİŞ / CV****Mustafa TINKIR; Yrd.Doç.Dr. (Assist.Prof.Dr.)**

Mustafa TINKIR 1979 tarihinde Konya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimlerini Konya da aldı. 2001 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Müh. Bölümünden mezun oldu. 2002 yılında akademik hayata başlayan TINKIR, 2004 yılında yüksek lisans ve 2010 yılında doktorasını tamamladı. 2012 yılından bu yana Necmettin Erbakan Üniversitesi Makine Mühendisliği Bölümünde görev yapmaktadır. TINKIR evli ve bir kız babasıdır.

*Mustafa TINKIR was born in KONYA, 1979. He completed his primary, secondary and high school educations in Konya. He graduated in 2001 from Selçuk University Mechanical Eng. Dept. His academic career began in 2002 and he took master and PhD. Degrees in 2004 and 2010, respectively. He has been working at Necmettin Erbakan University Mechanical Eng. Dept. since 2012. He is married and has a daughter.*

**Haşmet Çağrı SEZGEN; Makine Müh. (Mechanical Eng.)**

SEZGEN 1988 tarihinde Konya’da doğdu. İlk, orta ve lise eğitimlerini Konya da aldı. 2013 yılında Selçuk Üniversitesi Makine Müh. Bölümünden mezun oldu. 2015 yılında yüksek lisansa başladı. 2015 yılından bu yana Necmettin Erbakan Üniversitesi Fen Bilimleri Enstitüsü Makine Mühendisliği Bölümünde yüksek lisans yapmaktadır.

*SEZGEN was born in KONYA, 1988. He completed his primary, secondary and high school educations in Konya. He graduated in 2013 from Selçuk University Mechanical Eng. Dept. His master education has begun in 2015. He is master student at Mechanical Eng. Dept of Institute of Science of Necmettin Erbakan University. since 2015.*